

PROJECTION OPTICAL SYSTEM, AND DEVICE AND METHOD OF EXPOSURE

Publication number: JP2005003982 (A)

Publication date: 2005-01-06

Inventor(s): YAMAGUCHI KOTARO

Applicant(s): NIPPON KOGAKU KK

Classification:

- international: G02B13/24; G02B13/18; G02B17/08; G03F7/20; H01L21/027; G02B13/24; G02B13/18; G02B17/08; G03F7/20; H01L21/02; (IPC1-7): G02B13/24; G02B13/18; G02B17/08; G03F7/20; H01L21/027

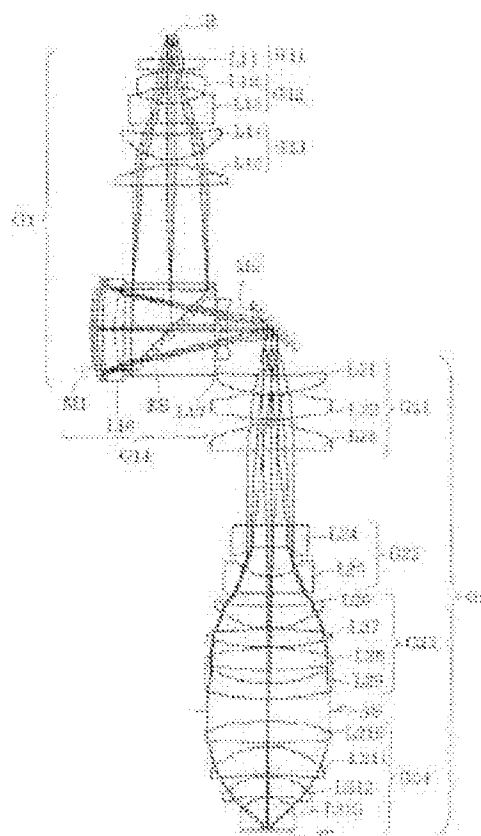
- European: G03F7/20T16

Application number: JP20030168036 20030612

Priority number(s): JP20030168036 20030612

Abstract of JP 2005003982 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a projection optical system in which a large numerical aperture on image side necessary for a sufficiently large image field and a high resolution is secured while suppressing the increase in the number of lens elements and the enlargement of lens. ; **SOLUTION:** The system is provided with a first image formation optical system (G1) for forming an intermediate image of a first object (R) and second image formation optical system (G2) for forming a final image of the first object on a second object (W) on the basis of the light coming from the intermediate image. The first image formation optical system is a catadioptric type optical system including a concave reflection surface, and the second image formation optical system is a refraction type optical system having a positive refractive power as a whole. The optical path between the optical plane closest to the second image formation optical system and the second object is filled with a liquid having a refractive index substantially larger than 1 (water, for example). ; **COPYRIGHT:** (C)2005,JPO&NCIP



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-3982

(P2005-3982A)

(43) 公開日 平成17年1月6日(2005.1.6)

(51) Int. Cl.⁷

G02B 13/24

G02B 13/18

G02B 17/08

G03F 7/20

H01L 21/027

F1

G02B 13/24

G02B 13/18

G02B 17/08

G03F 7/20 521

H01L 21/30 517

テーマコード(参考)

2H087

5F046

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 35 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-168036(P2003-168036)

(22) 出願日 平成15年6月12日(2003.6.12)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(74) 代理人 100095256

弁理士 山口 孝雄

(72) 発明者 山口 弘太郎

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

Fターム(参考) 2H087 KA21 LA01 NA04 PA15 PA17

PB20 QA01 QA05 RA01 RA41

SB01 SB11 TA01 TA04 UA03

UA04 UA09

5F046 BA05 CB01 CB03

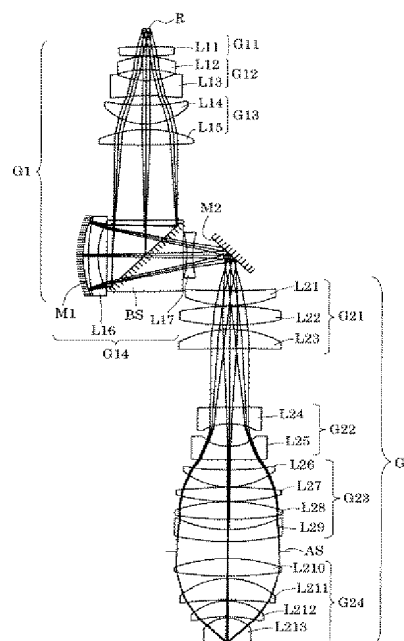
(54) 【発明の名称】 投影光学系、露光装置および露光方法

(57) 【要約】

【課題】 レンズ枚数の増加やレンズの大型化を抑えつつ、十分に大きなイメージフィールドおよび高解像に必要な大きな像側開口数を確保することのできる投影光学系。

【解決手段】 第1物体(R)の中間像を形成するための第1結像光学系(G1)と、中間像からの光に基づいて第1物体の最終像を第2物体(W)上に形成するための第2結像光学系(G2)とを備えている。第1結像光学系は、凹面形状の反射面を含む反射屈折型の光学系であり、第2結像光学系は、全体として正の屈折力を有する屈折型の光学系である。第2結像光学系の最も第2物体側の光学面と第2物体との間の光路は、1よりも実質的に大きい屈折率を有する液体(たとえば水)で満たされている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1物体の中間像を形成するための第1結像光学系と、前記中間像からの光に基づいて前記第1物体の最終像を第2物体上に形成するための第2結像光学系とを備え、
 前記第1結像光学系は、凹面形状の反射面を含む反射屈折型の光学系であり、
 前記第2結像光学系は、全体として正の屈折力を有する屈折型の光学系であり、
 前記第2結像光学系の最も第2物体側の光学面と前記第2物体との間の光路は、1よりも実質的に大きい屈折率を有する液体で満たされていることを特徴とする投影光学系。

【請求項2】

全系の縮小倍率を β とし、前記第1結像光学系の横倍率を β_1 とすると、

$$2.5 < |\beta_1 / \beta| < 6.5 \quad (1)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の投影光学系。

【請求項3】

前記第1結像光学系中の前記凹面形状の反射面の曲率半径 R_{M1} は、

$$-0.02 < -2 / |R_{M1}| < -0.0005 \quad (2)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1または2に記載の投影光学系。

【請求項4】

前記第2結像光学系は、光の入射側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 G_{21} と、負の屈折力を有する第2レンズ群 G_{22} と、正の屈折力を有する第3レンズ群 G_{23} と、正の屈折力を有する第4レンズ群 G_{24} とにより構成され、
 前記第2結像光学系の各レンズ群は、非球面形状に形成された少なくとも1つの光学面を有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項5】

前記第1結像光学系は、光の入射側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 G_{11} と、負の屈折力を有する第2レンズ群 G_{12} と、正の屈折力を有する第3レンズ群 G_{13} と、光路分割素子と、前記凹面形状の反射面を有する凹面反射鏡と少なくとも1つの負レンズとを有し且つ全体として正の屈折力を有する第4レンズ群 G_{14} とにより構成されていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項6】

全系の縮小倍率を β とし、前記第1結像光学系中の前記凹面反射鏡の倍率を $M_{1\beta}$ とすると、

$$0.8 < |M_{1\beta} / \beta| < 3.6 \quad (3)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項5に記載の投影光学系。

【請求項7】

前記第1結像光学系は、光の入射側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 G_{11} と、負の屈折力を有する第2レンズ群 G_{12} と、該第2レンズ群 G_{12} を透過した光を反射するための第1反射面と、該第1反射面からの光を反射して前記第2結像光学系へ導くための第2反射面とを有し、

前記第1反射面および前記第2反射面のうちの少なくとも一方は、凹面形状に形成されていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項8】

前記第1面側および前記第2面側の双方にほぼテレセントリックに構成されていることを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項9】

前記第1結像光学系および前記第2結像光学系を構成する屈折部材は、紫外線に対して所定の透過率を有する光学材料により形成されていることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項10】

前記第1物体としてのマスクを照明するための照明系と、前記マスクに形成されたパター

ンの像を前記第2物体としての感光性基板上に形成するための請求項1乃至9のいずれか1項に記載の投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置。

【請求項11】

前記第1物体としてのマスクを照明し、請求項1乃至9のいずれか1項に記載の投影光学系を介して前記マスクに形成されたパターンを前記第2物体としての感光性基板上に投影し、【発明の詳細な説明】する露光方法。

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、投影光学系、露光装置および露光方法に関し、特に半導体素子や液晶表示素子などをフォトリソグラフィ工程で製造する際に使用される露光装置に適した高解像の液浸投影光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程において、投影光学系を介してマスク（レチクル）のパターン像をウェハのような感光性基板上に露光する投影露光装置が使用されている。この種の露光装置では、半導体素子等の集積度を向上させるために、投影光学系に要求される解像力が飛躍的に高まってきている。そして、この解像力の向上に対する要求を満足するために、露光光を短波長化するとともに、投影光学系の像側開口数（NA）を極限まで大きくする必要性に迫られている。

【0003】

これに対し、生物顕微鏡用の液浸対物レンズの場合と同様に、露光装置の投影光学系の像界を空気よりも屈折率の高い水やオイル等の液体で充填することにより投影光学系の像側開口数をより大きく確保する技術が知られている。たとえば特開2002-244035号公報には、このような液浸投影光学系が開示されている。

【0004】

【特許文献1】

特開2002-244035号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

特開2002-244035号公報には、屈折部材（レンズ）のみにより構成された屈折型の液浸投影光学系が開示されており、 $NA=0.89$ という比較的大きな像側開口数を実現している。また、ワーキングディスタンス（最も像側の光学面と像面との間の光軸に沿った距離）を短くすることにより、レンズの大型化を回避している。

【0006】

しかしながら、従来技術にしたがう上述の液浸投影光学系は屈折部材のみにより構成されているため、像面湾曲（ペッツバル和）を良好に補正することが難しく、十分に大きなイメージフィールドを確保することが困難であるという不都合があった。また、像側開口数のさらなる増大を図ろうとすると、レンズ枚数の増加やレンズの大型化を招き、ひいては製造コストの増大を招くという不都合があった。ちなみに、たとえば有効径（直径）が300mmを超えるような大型レンズ用の石英や蛍石の製造は現実において困難である。

【0007】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、レンズ枚数の増加やレンズの大型化を抑えつつ、十分に大きなイメージフィールドおよび高解像に必要な大きな像側開口数を確保することのできる投影光学系を提供することを目的とする。また、本発明は、十分に大きなイメージフィールドを有し且つ大きな像側開口数ひいては高い解像度を有する投影光学系を介して、微細なパターンを高精度に露光することのできる露光装置および露光方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明の第1形態では、第1物体の中間像を形成するための

第1結像光学系と、前記中間像からの光に基づいて前記第1物体の最終像を第2物体上に形成するための第2結像光学系とを備え、

前記第1結像光学系は、凹面形状の反射面を含む反射屈折型の光学系であり、

前記第2結像光学系は、全体として正の屈折力を有する屈折型の光学系であり、

前記第2結像光学系の最も第2物体側の光学面と前記第2物体との間の光路は、1よりも実質的に大きい屈折率を有する液体で満たされていることを特徴とする投影光学系を提供する。

【0009】

第1形態の好ましい態様によれば、全系の縮小倍率を β とし、前記第1結像光学系の横倍率を β_1 とすると、 $2.5 < |\beta_1 / \beta| < 6.5$ の条件を満足する。また、前記第1結像光学系中の前記凹面形状の反射面の曲率半径 R_{M1} は、 $-0.02 < -2 / |R_{M1}| < -0.0005$ の条件を満足することが好ましい。また、前記第2結像光学系は、光の入射側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 G_{21} と、負の屈折力を有する第2レンズ群 G_{22} と、正の屈折力を有する第3レンズ群 G_{23} と、正の屈折力を有する第4レンズ群 G_{24} とにより構成され、前記第2結像光学系の各レンズ群は、非球面形状に形成された少なくとも1つの光学面を有することが好ましい。

【0010】

また、第1形態の好ましい態様によれば、前記第1結像光学系は、光の入射側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 G_{11} と、負の屈折力を有する第2レンズ群 G_{12} と、正の屈折力を有する第3レンズ群 G_{13} と、光路分割素子と、前記凹面形状の反射面を有する凹面反射鏡と少なくとも1つの負レンズとを有し且つ全体として正の屈折力を有する第4レンズ群 G_{14} とにより構成されている。この場合、全系の縮小倍率を β とし、前記第1結像光学系中の前記凹面反射鏡の倍率を $M_1\beta$ とすると、 $0.8 < |M_1\beta / \beta| < 3.6$ の条件を満足することが好ましい。

【0011】

あるいは、第1形態の好ましい態様によれば、前記第1結像光学系は、光の入射側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 G_{11} と、負の屈折力を有する第2レンズ群 G_{12} と、該第2レンズ群 G_{12} を透過した光を反射するための第1反射面と、該第1反射面からの光を反射して前記第2結像光学系へ導くための第2反射面とを有し、前記第1反射面および前記第2反射面のうちの少なくとも一方は、凹面形状に形成されている。

【0012】

また、第1形態の好ましい態様によれば、前記第1面側および前記第2面側の双方にほぼテレセントリックに構成されている。また、前記第1結像光学系および前記第2結像光学系を構成する屈折部材は、紫外線に対して所定の透過率を有する光学材料により形成されていることが好ましい。

【0013】

本発明の第2形態では、前記第1物体としてのマスクを照明するための照明系と、前記マスクに形成されたパターンの像を前記第2物体としての感光性基板上に形成するための第1形態の投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

【0014】

本発明の第3形態では、前記第1物体としてのマスクを照明し、第1形態の投影光学系を介して前記マスクに形成されたパターンを前記第2物体としての感光性基板上に投影露光することを特徴とする露光方法を提供する。

【0015】

【発明の実施の形態】

本発明の投影光学系では、凹面形状の反射面を含む反射屈折光学系（カタディオプトリック光学系）を構成する第1結像光学系により第1物体の中間像を形成し、全体として正の屈折力を有する屈折光学系を構成する第2結像光学系により中間像からの光に基づいて第1物体の最終像を第2物体上に形成する。そして、第2結像光学系の最も第2物体側の光学面と前記第2物体との間の光路は、たとえば水やオイルなどの液体、すなわち1よりも

実質的に大きい屈折率を有する液体で満たされている。

【0016】

以上のように、本発明の投影光学系では、2回結像の反射屈折型の光学系を採用しているので、像面湾曲などの諸収差を良好に補正することができ、ひいては十分に大きなイメージフィールドを確保することができる。また、像界が高屈折率の液体で充填された液浸光学系を採用しているので、レンズ枚数の増加やレンズの大型化を招くことなく大きな像側開口数を確保することができる。したがって、本発明の露光装置および露光方法では、十分に大きなイメージフィールドを有し且つ大きな像側開口数ひいては高い解像度を有する投影光学系を介して、微細なパターンを高精度に露光することができる。

【0017】

なお、本発明では、全系の縮小倍率を β とし、第1結像光学系の横倍率を β_1 とするととき、以下の条件式(1)を満足することが望ましい。

$$2.5 < |\beta_1 / \beta| < 6.5 \quad (1)$$

【0018】

条件式(1)は、第1結像光学系および第2結像光学系における適切な使用倍率を規定している。条件式(1)を満足することにより、各結像光学系に収差補正上の大きな負担をかけることなく、全系として所定の縮小倍率を得ることができる。条件式(1)の上限値を上回ると、第1結像光学系の倍率 β_1 が第2結像光学系の倍率に対して大きくなりすぎて、第1結像光学系中の凹面形状の反射面のパワー(屈折力)が増大することによって発生する球面収差やベッツバール和の補正が困難になるので好ましくない。

【0019】

逆に、条件式(1)の下限値を下回ると、第1結像光学系の倍率 β_1 が小さくなりすぎて、第2結像光学系にかかる負担が大きくなり、収差補正上の困難さが増して、レンズ枚数の増加やレンズの大型化を招くことになるので好ましくない。なお、全系の収差補正をさらに効果的に行うには、条件式(1)の上限値を4.6に設定し、下限値を4.1に設定することがさらに好ましい。

【0020】

また、本発明では、第1結像光学系中の凹面形状の反射面の曲率半径 R_{M1} が、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$-0.02 < -2 / |R_{M1}| < -0.0005 \quad (2)$$

【0021】

条件式(2)は、第1結像光学系中の凹面反射鏡の適切なベッツバール和を規定している。条件式(2)の上限値を上回ると、全系における正のベッツバール和が増大し、第2結像光学系でのベッツバール和を補正するための負担が増加して像面湾曲の補正が困難になるだけでなく、レンズ枚数の増加やレンズの大型化を招くことになるので好ましくない。逆に、条件式(2)の下限値を下回ると、凹面反射鏡のパワーが大きくなりすぎて、球面収差やコマ収差の補正が困難になるので好ましくない。なお、全系の収差補正をさらに効果的に行うには、条件式(2)の上限値を -0.006 に設定し、下限値を -0.008 に設定することがさらに好ましい。

【0022】

具体的には、本発明において、第2結像光学系は、光の入射側から順に、正屈折力の第1レンズ群G21と、負屈折力の第2レンズ群G22と、正屈折力の第3レンズ群G23と、正屈折力の第4レンズ群G24とにより構成され、各レンズ群が少なくとも1つの非球面形状の光学面を有することが好ましい。また、第1結像光学系は、光の入射側から順に、正屈折力の第1レンズ群G11と、負屈折力の第2レンズ群G12と、正屈折力の第3レンズ群G13と、光路分割素子と、凹面反射鏡と負レンズとを含む正屈折力の第4レンズ群G14とにより構成されていることが好ましい。

【0023】

この構成では、第1物体からの光束が、たとえば第1レンズ群、第2レンズ群および第3レンズ群を介してほぼ平行光束になり、光路分割素子としてのビームスプリッタで反射さ

れ（またはビームスプリッタを透過して）、凹面形状の反射面を有する凹面反射鏡に入射する。凹面反射鏡によって反射された光束は、集光光束になって、ビームスプリッタを透過した（またはビームスプリッタで反射された）後、中間像を形成する。中間像からの光束は、第2結像光学系の各レンズ群を介して、第1物体の最終像を第2物体上に形成する。

【0024】

このように中間像を形成する構成により、第1結像光学系と第2結像光学系とで発生する諸収差が互いに打ち消されて効率良く補正され、第1物体の二次像すなわち最終像が形成される。さらに、第2結像光学系において各レンズ群に非球面形状の光学面を導入することにより、光学系を構成するレンズ枚数を少なく抑えることができ、大きなイメージフィールドおよび像側開口数を確保しつつコンパクトな投影光学系を実現することが可能になる。

【0025】

また、上述の構成では、全系の縮小倍率を β とし、第1結像光学系中の凹面反射鏡の倍率を $M1\beta$ とすると、以下の条件式（3）を満足することが望ましい。

$$0.8 < |M1\beta / \beta| < 3.6 \quad (3)$$

【0026】

条件式（3）は、第1結像光学系中の凹面反射鏡の適切な倍率を規定している。条件式（3）の上限値を上回ると、凹面反射鏡のパワーが大きくなりすぎて、球面収差やペッツバル和の補正が困難になるので好ましくない。逆に、条件式（3）の下限値を下回ると、凹面反射鏡の倍率が著しく拡大倍率となり、第1結像光学系の適切な倍率を維持するために他の屈折部材の負担が増加して収差補正が困難になるので好ましくない。なお、全系の収差補正をさらに効果的に行うには、条件式（3）の上限値を1.9に設定し、下限値を1.2に設定することがさらに好ましい。

【0027】

また、本発明において、第1結像光学系が、光の入射側から順に、正屈折力の第1レンズ群G11と、負屈折力の第2レンズ群G12と、第2レンズ群G12を透過した光を反射する第1反射面と、第1反射面からの光を反射して第2結像光学系へ導く第2反射面とを有し、第1反射面および第2反射面のうちの少なくとも一方が凹面形状に形成されていることが好ましい。

【0028】

この構成では、第1物体からの光束が、第1レンズ群および第2レンズ群を介して、たとえば凹面形状の第1反射面に入射する。第1反射面によって反射された光束は、集光光束になって第2レンズ群を通過し、第2反射面によって反射された後に、中間像を形成する。このとき、光束は第1反射面の有効径の外側を通過するため、第1反射面で実質的に遮られることなく、第2結像光学系へ導かれる。中間像からの光束は、第2結像光学系の各レンズ群を介して、第1物体の最終像を第2物体上に形成する。上述の構成においても、第1結像光学系と第2結像光学系とで発生する諸収差が互いに打ち消されて効率良く補正され、第1物体の二次像すなわち最終像が形成される。

【0029】

また、本発明の投影光学系は、第1面側および第2面側の双方にほぼテレセントリックに構成されていることが好ましい。たとえば露光装置に搭載される投影光学系の場合、上述の構成により、マスク面（第1物体面）および感光性基板面（第2物体面）の光軸方向の移動やたわみ等の微小な位置ずれに起因する像歪みの影響を無視できる程度まで抑えることができる。また、本発明では、第1結像光学系および第2結像光学系を構成する屈折部材が、紫外線に対して所定の透過率を有する光学材料、たとえば石英や蛍石等のフッ化物により形成されていることが好ましい。

【0030】

本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。

図1は、本発明の実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。なお、図1

において、投影光学系P Lの光軸A Xに平行にZ軸を、光軸A Xに垂直な面内において図1の紙面に平行にY軸を、図1の紙面に垂直にX軸をそれぞれ設定している。

【0031】

図示の露光装置は、紫外領域の照明光を供給するための光源100として、ArFエキシマレーザ光源を備えている。光源100から射出された光は、照明光学系I Lを介して、所定のパターンが形成されたレチクル（マスク）Rを重畳的に照明する。なお、光源100と照明光学系I Lとの間の光路はケーシング（不図示）で密封されており、光源100から照明光学系I L中の最もレチクル側の光学部材までの空間は、露光光の吸収率が低い気体であるヘリウムガスや窒素などの不活性ガスで置換されているか、あるいはほぼ真空状態に保持されている。

【0032】

レチクルRは、レチクルホルダRHを介して、レチクルステージRS上においてXY平面に平行に保持されている。レチクルRには転写すべきパターンが形成されており、X方向に細長い矩形形状のパターン領域が照明される。レチクルステージRSは、図示を省略した駆動系の作用により、レチクル面（すなわちXY平面）に沿って二次元的に移動可能であり、その位置座標はレチクル移動鏡RMを用いた干渉計RIFによって計測され且つ位置制御されるように構成されている。レチクルRに形成されたパターンからの光は、投影光学系P Lを介して、感光性基板であるウェハW上にレチクルパターン像を形成する。

【0033】

ウェハWは、ウェハホルダテーブルWTを介して、ウェハステージWS上においてXY平面に平行に保持されている。そして、レチクルR上での矩形形状の照明領域に光学的に対応するように、ウェハW上においてもX方向に細長い矩形形状の静止露光領域（すなわち実効露光領域：投影光学系P Lの有効結像領域）にパターン像が形成される。ウェハステージWSは、図示を省略した駆動系の作用によりウェハ面（すなわちXY平面）に沿って二次元的に移動可能であり、その位置座標はウェハ移動鏡WMを用いた干渉計WIFによって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

【0034】

また、本実施形態の露光装置では、投影光学系P Lを構成する光学部材のうち最もレチクル側に配置された光学部材と最もウェハ側に配置された光学部材との間で投影光学系P Lの内部が気密状態を保つように構成され、投影光学系P Lの内部の気体はヘリウムガスや窒素などの不活性ガスで置換されているか、あるいはほぼ真空状態に保持されている。さらに、照明光学系I Lと投影光学系P Lとの間の狭い光路には、レチクルRおよびレチクルステージRSなどが配置されているが、レチクルRおよびレチクルステージRSなどを密封包囲するケーシング（不図示）の内部に窒素やヘリウムガスなどの不活性ガスが充填されているか、あるいはほぼ真空状態に保持されている。

【0035】

また、本実施形態の露光装置では、投影光学系P Lの最もウェハ側に配置された光学部材とウェハWとの間の光路は、1よりも実質的に大きい屈折率を有する液体で満たされている。各実施例では、高屈折率の液体として、水を用いている。このように、光源100からウェハWまでの光路の全体に亘って、露光光がほとんど吸収されることのない雰囲気形成されている。

【0036】

また、上述したように、レチクルR上の照明領域およびウェハW上の静止露光領域（すなわち実効露光領域）は、X方向に細長い矩形形状である。したがって、駆動系および干渉計（RIF、WIF）などを用いてレチクルRおよびウェハWの位置制御を行いながら、Y方向に沿ってレチクルステージRSとウェハステージWSとを、ひいてはレチクルRとウェハWとを同期的に移動（走査）させることにより、ウェハW上には実効露光領域のX方向寸法に等しい幅を有し且つウェハWの走査量（移動量）に応じた長さを有するショット領域に対してレチクルパターンが走査露光される。

【0037】

各実施例において、非球面は、光軸に垂直な方向の高さを y とし、非球面の頂点における接平面から高さ y における非球面上の位置までの光軸に沿った距離（サグ量）を z とし、頂点曲率半径を r とし、円錐係数を κ とし、 n 次の非球面係数を C_n としたとき、以下の数式（a）で表される。各実施例において、非球面形状に形成されたレンズ面には面番号の右側に*印を付している。

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + \kappa) \cdot y^2 / r^2\}^{1/2}] + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 + C_{10} \cdot y^{10} + C_{12} \cdot y^{12} + C_{14} \cdot y^{14} + C_{16} \cdot y^{16} \quad (a)$$

【0038】

また、各実施例において、投影光学系PLは、物体面に第1物体として配置されたレチクルRのパターンの中間像を形成するための第1結像光学系G1と、中間像からの光に基づいて像面に第2物体として配置されたウェハW上にレチクルパターンの縮小像（最終像）を形成するための第2結像光学系G2とにより構成されている。ここで、第1結像光学系G1は凹面形状の反射面を含む反射屈折光学系であり、第2結像光学系G2は屈折光学系である。また、投影光学系PLは、レチクル側およびウェハ側にほぼテレセントリックに構成されている。

【0039】

各実施例において、露光光であるArFエキシマレーザ光の発振中心波長は193.3nmである。また、投影光学系PLを構成するレンズ成分は、石英（SiO₂）または蛍石（CaF₂）により形成されている。また、投影光学系PLの最もウェハ側に配置された光学部材とウェハWとの間の光路に満たされる浸液として、水を用いている。なお、中心波長193.3nmに対する石英の屈折率は1.560326であり、中心波長193.3nmに対する蛍石の屈折率は1.501455であり、中心波長193.3nmに対する水の屈折率は1.432040である。

【0040】

[第1実施例]

図2は、本実施形態の第1実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。図2を参照すると、第1実施例にかかる投影光学系PLにおいて、第1結像光学系G1は、光の入射側（レチクル側）から順に、両凸レンズL11と、入射側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12と、両凹レンズL13と、入射側に凹面を向けた正メニスカスレンズL14と、両凸レンズL15と、プリズム型のビームスプリッターBSとを備えている。第1結像光学系G1では、ビームスプリッターBSで反射された光が、ビームスプリッターBS側に凹面を向けた負メニスカスレンズL16を透過し、凹面反射鏡M1で反射され、負メニスカスレンズL16およびビームスプリッターBSを透過し、射出側に非球面形状の凹面を向けた両凹レンズL17に入射する。両凹レンズL17を透過して第1結像光学系G1から射出された光は、平面反射鏡M2で反射された後、第2結像光学系G2へ導かれる。

【0041】

第2結像光学系G2は、光の入射側から順に、入射側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL21と、両凸レンズL22と、入射側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23と、入射側に凸面を向けた負メニスカスレンズL24と、入射側に非球面形状の凹面を向けた負メニスカスレンズL25と、射出側に非球面形状の凸面を向けた正メニスカスレンズL26と、両凸レンズL27と、両凸レンズL28と、入射側に凹面を向けた負メニスカスレンズL29と、開口絞りASと、両凸レンズL210と、入射側に凸面を向けた正メニスカスレンズL211と、入射側に非球面形状の凸面を向けた正メニスカスレンズL212と、入射側に非球面形状の凸面を向けた平凸レンズL213とにより構成されている。第1実施例では、平凸レンズL213とウェハWとの間の光路に浸液としての水が満たされ、レンズL213だけが蛍石により形成され、その他のレンズが石英により形成されている。

【0042】

こうして、第1実施例の第1結像光学系G1では、レチクルRからの光が、正屈折力の第1レンズ群G11を構成するレンズL11と、負屈折力の第2レンズ群G12を構成するレンズL12およびレンズL13と、正屈折力の第3レンズ群G13を構成するレンズL14およびレンズL15とを介して、光路分割素子としてのビームスプリッターBSに入射する。ビームスプリッターBSで反射された光は、レンズL16を透過し、凹面反射鏡M1で反射され、レンズL16およびビームスプリッターBSを透過し、レンズL17を介して、平面反射鏡M2の近傍にレチクルRの中間像を形成する。ここで、レンズL16、凹面反射鏡M1およびレンズL17は、正屈折力の第4レンズ群G14を構成している。

【0043】

平面反射鏡M2で反射されて第2結像光学系G2へ導かれたレチクルRの中間像からの光は、正屈折力の第1レンズ群G21を構成するレンズL21～L23と、負屈折力の第2レンズ群G22を構成するレンズL24およびレンズL25と、正屈折力の第3レンズ群G23を構成するレンズL26～L29と、正屈折力の第4レンズ群G24を構成するレンズL210～L213とを介して、ウェハW上にレチクルRの縮小像を形成する。このように、第2結像光学系G2の各レンズ群G21～G24には少なくとも1つの非球面が導入されている。

【0044】

次の表(1)に、第1実施例にかかる投影光学系PLの諸元の値を掲げる。表(1)において、 λ は露光光の中心波長を、 β は投影倍率(全系の結像倍率)を、NAは像側(ウェハ側)開口数を、 Y_0 は最大像高をそれぞれ表している。また、面番号は物体面であるレチクル面から像面であるウェハ面への光線の進行する方向に沿ったレチクル側からの面の順序を、 r は各面の曲率半径(非球面の場合には頂点曲率半径: mm)を、 d は各面の軸上間隔すなわち面間隔(mm)をそれぞれ示している。

【0045】

なお、面間隔 d は、反射される度にその符号を変えるものとする。したがって、面間隔 d の符号は、ビームスプリッターBSの反射面から凹面反射鏡M1の反射面までの光路中および平面反射鏡M2の反射面からウェハ面までの光路中では負とし、その他の光路中では正としている。なお、表(1)における表記は、以降の表(2)および(3)においても同様である。

【0046】

【表1】

(主要諸元)

$$\lambda = 193.3 \text{ nm}$$

$$\beta = 0.25$$

$$NA = 1.1$$

$$Y_0 = 13.2 \text{ mm}$$

(光学部材諸元)				
面番号	r	d	光学材料	光学部材
	(レチクル面)	50.000000		
1	1506.53960	25.069062	石英	L 1 1
2	-740.45923	2.042336		
3	224.67089	34.730167	石英	L 1 2
4	250.00000	31.218068		
5	-173.89599	41.048479	石英	L 1 3
6	665.63730	26.749456		
7	-541.73317	52.798765	石英	L 1 4
8	-150.00000	16.186542		
9	298.86666	43.965884	石英	L 1 5
10	-2190.10681	212.490448		
11	∞	100.000000	石英	B S の第 1 面
12	∞	-100.000000	石英	B S の反射面
13	∞	-24.598924		B S の第 2 面
14	221.95476	-25.000000	石英	L 1 6
15	527.31245	-13.217561		
16	306.36758	13.217561		M 1 の反射面
17	527.31245	25.000000	石英	L 1 6
18	221.95476	24.598924		
19	∞	200.000000	石英	B S の第 2 面
20	∞	10.327281		B S の第 3 面
21	-271.74744	15.000000	石英	L 1 7
22*	242.45280	100.000000		
23	∞	-99.974610		M 2 の反射面
24*	2000.00000	-42.403194	石英	L 2 1
25	292.19417	-2.000000		
26	-645.10086	-53.901745	石英	L 2 2

27	557.35961	-12.462211		
28	-266.71958	-55.000000	石英	L 2 3
29	-6367.26480	-166.179032		
30	-5436.64298	-46.934560	石英	L 2 4
31	-152.69098	-64.513145		
32*	101.35599	-36.767289	石英	L 2 5
33	6049.60206	-28.902251		
34	893.04840	-49.753366	石英	L 2 6
35*	176.81829	-2.000000		
36	-1312.81598	-39.999263	石英	L 2 7
37	502.78592	-2.000000		
38	-438.63432	-48.823813	石英	L 2 8
39	800.00000	-29.456745		
40	291.74602	-33.466794	石英	L 2 9
41	619.85504	-28.359838		
42	∞	-20.000000		A S
43	-399.80700	-50.000000	石英	L 2 1 0
44	834.96353	-6.210626		
45	-180.00000	-61.479903	石英	L 2 1 1
46	-994.83452	-2.906359		
47*	-135.05655	-43.486078	石英	L 2 1 2
48	-336.43580	-4.003243		
49*	-78.17805	-67.696159	螢石	L 2 1 3
50	∞	-2.000000	水	

(ウエハ面)

(非球面データ)

2 2 面

 $\kappa = 0$

$$\begin{aligned}
 C_4 &= 0.677148 \times 10^{-9} & C_6 &= -0.284006 \times 10^{-11} \\
 C_8 &= 0.156655 \times 10^{-15} & C_{10} &= -0.302797 \times 10^{-19} \\
 C_{12} &= 0.729414 \times 10^{-23} & C_{14} &= -0.896751 \times 10^{-27} \\
 C_{16} &= 0.357721 \times 10^{-31}
 \end{aligned}$$

2 4 面

 $\kappa = 0$

$$\begin{aligned}
 C_4 &= 0.576403 \times 10^{-8} & C_6 &= 0.264148 \times 10^{-14} \\
 C_8 &= -0.144416 \times 10^{-17} & C_{10} &= 0.461367 \times 10^{-21} \\
 C_{12} &= -0.531816 \times 10^{-25} & C_{14} &= 0.317893 \times 10^{-29} \\
 C_{16} &= -0.755665 \times 10^{-34}
 \end{aligned}$$

3 2 面

 $\kappa = 0$

$$\begin{aligned}
 C_4 &= -0.767958 \times 10^{-7} & C_6 &= -0.346608 \times 10^{-11} \\
 C_8 &= -0.246975 \times 10^{-15} & C_{10} &= 0.241851 \times 10^{-20} \\
 C_{12} &= -0.791444 \times 10^{-23} & C_{14} &= 0.118437 \times 10^{-26} \\
 C_{16} &= -0.119115 \times 10^{-30}
 \end{aligned}$$

3 5 面

 $\kappa = 0$

$$\begin{aligned}
 C_4 &= 0.160000 \times 10^{-7} & C_6 &= -0.131125 \times 10^{-13} \\
 C_8 &= 0.994997 \times 10^{-17} & C_{10} &= -0.211047 \times 10^{-22} \\
 C_{12} &= 0.308856 \times 10^{-25} & C_{14} &= -0.160282 \times 10^{-29} \\
 C_{16} &= 0.767675 \times 10^{-34}
 \end{aligned}$$

47面

$$\kappa = 0$$

$$\begin{aligned} C_4 &= -0.869362 \times 10^{-8} & C_6 &= -0.249288 \times 10^{-12} \\ C_8 &= 0.484619 \times 10^{-16} & C_{10} &= -0.374560 \times 10^{-20} \\ C_{12} &= 0.187670 \times 10^{-24} & C_{14} &= -0.613486 \times 10^{-29} \\ C_{16} &= 0.969812 \times 10^{-34} \end{aligned}$$

49面

$$\kappa = 0$$

$$\begin{aligned} C_4 &= -0.312040 \times 10^{-7} & C_6 &= -0.197416 \times 10^{-11} \\ C_8 &= -0.935586 \times 10^{-16} & C_{10} &= 0.360488 \times 10^{-19} \\ C_{12} &= -0.589968 \times 10^{-23} & C_{14} &= 0.489340 \times 10^{-27} \\ C_{16} &= -0.178616 \times 10^{-31} \end{aligned}$$

(条件式対応値)

- (1) $|\beta_1 / \beta| = 4.594$
- (2) $-2 / |RM1| = -0.0065$
- (3) $|M1\beta / \beta| = 1.563$

【0047】

図3は、第1実施例における横収差を示す図である。収差図において、Yは像高を示している。図3の収差図から明らかなように、第1実施例では、非常に大きな像側開口数（NA=1.1）およびY=0mm～13.2mmの比較的大きなイメージフィールドを確保しているにもかかわらず、波長が193.3nmの露光光に対して収差が良好に補正されていることがわかる。第1実施例では、Y=0mm～13.2mmの円形状領域にほぼ内接する26mm×5mmのスキャンフィールド（実効露光領域：静止露光領域）を確保することができる。

【0048】

[第2実施例]

図4は、本実施形態の第2実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。図4を参照すると、第2実施例にかかる投影光学系PLにおいて、第1結像光学系G1は、光の入射側（レチクル側）から順に、両凸レンズL11と、入射側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と、両凹レンズL13と、入射側に凹面を向けた正メニスカスレンズL14と、入射側に凸面を向けた正メニスカスレンズL15と、プリズム型のビームスプリッターBSとを備えている。第1結像光学系G1では、ビームスプリッターBSで反射された光が、ビームスプリッターBS側に凹面を向けた負メニスカスレンズL16を透過し、凹面反射鏡M1で反射され、負メニスカスレンズL16およびビームスプリッターBSを透過し、射出側に非球面形状の凹面を向けた両凹レンズL17に入射する。両凹レンズL17を透過して第1結像光学系G1から射出された光は、第2結像光学系G2に入射する。

【0049】

第2結像光学系G2は、光の入射側から順に、入射側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL21と、両凸レンズL22と、入射側に凸面を向けた正メニスカスレンズ

L 2 3 と、平面反射鏡 M 2 と、射出側に非球面形状の凹面を向けた両凹レンズ L 2 4 と、入射側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 5 と、入射側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズ L 2 6 と、両凸レンズ L 2 7 と、両凸レンズ L 2 8 と、入射側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 9 と、開口絞り A S と、両凸レンズ L 2 1 0 と、射出側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズ L 2 1 1 と、射出側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズ L 2 1 2 と、射出側に平面を向けた平凸レンズ L 2 1 3 とにより構成されている。第2実施例においても第1実施例と同様に、平凸レンズ L 2 1 3 とウェハ W との間の光路に浸液としての水が満たされ、レンズ L 2 1 3 だけが蛍石により形成され、その他のレンズが石英により形成されている。

【 0 0 5 0 】

こうして、第2実施例の第1結像光学系 G 1 では、レチクル R からの光が、正屈折力の第1レンズ群 G 1 1 を構成するレンズ L 1 1 と、負屈折力の第2レンズ群 G 1 2 を構成するレンズ L 1 2 およびレンズ L 1 3 と、正屈折力の第3レンズ群 G 1 3 を構成するレンズ L 1 4 およびレンズ L 1 5 とを介して、光路分割素子としてのビームスプリッター B S に入射する。ビームスプリッター B S で反射された光は、レンズ L 1 6 を透過し、凹面反射鏡 M 1 で反射され、レンズ L 1 6 およびビームスプリッター B S を透過し、レンズ L 1 7 を介して、レチクル R の中間像を形成する。ここで、レンズ L 1 6、凹面反射鏡 M 1 およびレンズ L 1 7 は、正屈折力の第4レンズ群 G 1 4 を構成している。

【 0 0 5 1 】

第2結像光学系 G 2 へ導かれたレチクル R の中間像からの光は、正屈折力の第1レンズ群 G 2 1 を構成するレンズ L 2 1 ～ L 2 3 と、負屈折力の第2レンズ群 G 2 2 を構成するレンズ L 2 4 およびレンズ L 2 5 と、正屈折力の第3レンズ群 G 2 3 を構成するレンズ L 2 6 ～ L 2 9 と、正屈折力の第4レンズ群 G 2 4 を構成するレンズ L 2 1 0 ～ L 2 1 3 とを介して、ウェハ W 上にレチクル R の縮小像を形成する。このように、第2結像光学系 G 2 の各レンズ群 G 2 1 ～ G 2 4 には少なくとも1つの非球面が導入されている。次の表 (2) に、第2実施例にかかる投影光学系 P L の諸元の値を掲げる。

【 0 0 5 2 】

【表2】

(主要諸元)

 $\lambda = 193.3 \text{ nm}$ $\beta = 0.25$ $\text{NA} = 1.1$ $Y_0 = 13.2 \text{ mm}$

(光学部材諸元)

面番号	r	d	光学材料	光学部材
	(レンチクル面)	50.000000		
1	237.84800	25.909838	石英	L 1 1
2	-7419.56980	2.000000		
3	474.24679	30.000000	石英	L 1 2
4	250.04100	28.356047		
5	-182.56354	44.997540	石英	L 1 3
6	545.33733	21.496177		
7	-1030.83066	50.058154	石英	L 1 4
8	-150.00000	11.723442		
9	224.81081	39.267291	石英	L 1 5
10	1060.89863	117.549709		
11	∞	100.000000	石英	B S の第 1 面
12	∞	-100.000000	石英	B S の反射面
13	∞	-21.217170		B S の第 2 面
14	189.74097	-25.000000	石英	L 1 6
15	468.33761	-16.050470		
16	280.48230	16.050470		M 1 の反射面
17	468.33761	25.000000	石英	L 1 6
18	189.74097	21.217170		
19	∞	200.000000	石英	B S の第 2 面
20	∞	11.874085		B S の第 3 面

21	-190.57011	15.000000	石英	L 1 7
22*	688.41794	165.508100		
23*	-2000.00000	35.376488	石英	L 2 1
24	-249.37062	2.000000		
25	630.56345	45.969094	石英	L 2 2
26	-497.60655	47.787580		
27	272.58739	55.000000	石英	L 2 3
28	9262.07649	100.000000		
29	∞	-90.713253		M 2 の反射面
30	624.56475	-15.000000	石英	L 2 4
31*	-198.74673	-46.146687		
32	111.33262	-15.012321	石英	L 2 5
33	4951.57497	-37.241756		
34*	742.53162	-43.527045	石英	L 2 6
35	187.59926	-2.000000		
36	-2090.27507	-46.066234	石英	L 2 7
37	340.67482	-2.000000		
38	-438.36207	-48.476108	石英	L 2 8
39	800.00000	-28.518846		
40	288.27733	-35.000000	石英	L 2 9
41	632.90795	-30.000000		
42	∞	-20.000000		A S
43	-418.07896	-50.000000	石英	L 2 1 0
44	800.00000	-2.407627		
45	-180.00000	-62.531479	石英	L 2 1 1
46*	-1032.18804	-2.000000		
47	-135.00412	-51.455515	石英	L 2 1 2
48*	-295.34110	-2.000000		
49	-77.81225	-68.029584	蛍石	L 2 1 3

50 ∞ -2.000000 水
 (ウエハ面)

(非球面データ)

2 2 面

$\kappa = 0$

$$\begin{aligned} C_4 &= 0.275481 \times 10^{-7} & C_6 &= -0.346772 \times 10^{-11} \\ C_8 &= 0.546559 \times 10^{-16} & C_{10} &= 0.652005 \times 10^{-19} \\ C_{12} &= -0.290643 \times 10^{-22} & C_{14} &= 0.623346 \times 10^{-26} \\ C_{16} &= -0.536951 \times 10^{-30} \end{aligned}$$

2 3 面

$\kappa = 0$

$$\begin{aligned} C_4 &= -0.850634 \times 10^{-8} & C_6 &= 0.317369 \times 10^{-13} \\ C_8 &= 0.489925 \times 10^{-18} & C_{10} &= -0.541600 \times 10^{-21} \\ C_{12} &= 0.736412 \times 10^{-25} & C_{14} &= -0.508451 \times 10^{-29} \\ C_{16} &= 0.139594 \times 10^{-33} \end{aligned}$$

3 1 面

$\kappa = 0$

$$\begin{aligned} C_4 &= -0.890687 \times 10^{-7} & C_6 &= -0.209149 \times 10^{-11} \\ C_8 &= -0.974869 \times 10^{-16} & C_{10} &= 0.615553 \times 10^{-20} \\ C_{12} &= -0.395055 \times 10^{-23} & C_{14} &= 0.561000 \times 10^{-27} \\ C_{16} &= -0.461120 \times 10^{-31} \end{aligned}$$

3 4 面

$\kappa = 0$

$$\begin{aligned} C_4 &= 0.160000 \times 10^{-7} & C_6 &= 0.426311 \times 10^{-13} \\ C_8 &= 0.118705 \times 10^{-16} & C_{10} &= -0.957173 \times 10^{-22} \end{aligned}$$

$$C_{12} = 0.529396 \times 10^{-25} \quad C_{14} = -0.299495 \times 10^{-29}$$

$$C_{16} = 0.138515 \times 10^{-33}$$

46面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -0.992222 \times 10^{-8} \quad C_6 = -0.147843 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = 0.345382 \times 10^{-16} \quad C_{10} = -0.247274 \times 10^{-20}$$

$$C_{12} = 0.114895 \times 10^{-24} \quad C_{14} = -0.352550 \times 10^{-28}$$

$$C_{16} = 0.526432 \times 10^{-34}$$

48面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -0.271429 \times 10^{-7} \quad C_6 = -0.301465 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -0.580173 \times 10^{-16} \quad C_{10} = 0.369451 \times 10^{-19}$$

$$C_{12} = -0.709043 \times 10^{-23} \quad C_{14} = 0.633979 \times 10^{-27}$$

$$C_{16} = -0.252409 \times 10^{-31}$$

(条件式対応値)

- (1) $|\beta_1/\beta| = 4.574$
- (2) $-2/|RM1| = -0.0071$
- (3) $|M1\beta/\beta| = 1.854$

【0053】

図5は、第2実施例における横収差を示す図である。収差図において、Yは像高を示している。図5の収差図から明らかなように、第2実施例においても第1実施例と同様に、非常に大きな像側開口数（NA=1.1）およびY=0mm～13.2mmの比較的大きなイメージフィールドを確保しているにもかかわらず、波長が193.3nmの露光光に対して収差が良好に補正されていることがわかる。第2実施例においても第1実施例と同様に、Y=0mm～13.2mmの円形状領域にほぼ内接する26mm×5mmのスキャンフィールドを確保することができる。

【0054】

[第3実施例]

図6は、本実施形態の第3実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。図6を参照すると、第3実施例にかかる投影光学系PLにおいて、第1結像光学系G1は、光の入射側（レチクル側）から順に、両凸レンズL11と、入射側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12と、両凹レンズL13と、入射側に凹面を向けた正メニスカスレンズL14と、両凸レンズL15と、プリズム型のビームスプリッターBSとを備えている。第1結像光学系G1では、ビームスプリッターBSで反射された光が、ビームスプリッターBS側に凹面を向けた負メニスカスレンズL16を透過し、凹面反射鏡M1で反射され、負メニスカスレンズL16およびビームスプリッターBSを透過し、射出側に非球面形状の凹面を向けた両凹レンズL17に入射する。両凹レンズL17を透過して第1結像光学系G1から射出された光は、平面反射鏡M2で反射された後、第2結像光学系G2へ導か

れる。

【0055】

第2結像光学系G2は、光の入射側から順に、入射側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL21と、両凸レンズL22と、入射側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23と、入射側に凸面を向けた負メニスカスレンズL24と、射出側に非球面形状の凹面を向けた負メニスカスレンズL25と、両凹レンズL26と、入射側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL27と、両凸レンズL28と、両凸レンズL29と、入射側に凹面を向けた負メニスカスレンズL210と、開口絞りASと、両凸レンズL211と、射出側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL212と、射出側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL213と、射出側に平面を向けた平凸レンズL214とにより構成されている。第3実施例では、平凸レンズL214とウェハWとの間の光路に浸液としての水が満たされ、レンズL214だけが蛍石により形成され、その他のレンズが石英により形成されている。

【0056】

こうして、第3実施例の第1結像光学系G1では、レチクルRからの光が、正屈折力の第1レンズ群G11を構成するレンズL11と、負屈折力の第2レンズ群G12を構成するレンズL12およびレンズL13と、正屈折力の第3レンズ群G13を構成するレンズL14およびレンズL15とを介して、光路分割素子としてのビームスプリッターBSに入射する。ビームスプリッターBSで反射された光は、レンズL16を透過し、凹面反射鏡M1で反射され、レンズL16およびビームスプリッターBSを透過し、レンズL17を介して、平面反射鏡M2の近傍にレチクルRの中間像を形成する。ここで、レンズL16、凹面反射鏡M1およびレンズL17は、正屈折力の第4レンズ群G14を構成している。

【0057】

平面反射鏡M2で反射されて第2結像光学系G2へ導かれたレチクルRの中間像からの光は、正屈折力の第1レンズ群G21を構成するレンズL21～L24と、負屈折力の第2レンズ群G22を構成するレンズL25およびレンズL26と、正屈折力の第3レンズ群G23を構成するレンズL27～L210と、正屈折力の第4レンズ群G24を構成するレンズL211～L214とを介して、ウェハW上にレチクルRの縮小像を形成する。このように、第2結像光学系G2の各レンズ群G21～G24には少なくとも1つの非球面が導入されている。次の表(3)に、第3実施例にかかる投影光学系PLの諸元の値を掲げる。

【0058】

【表3】

(主要諸元)

 $\lambda = 193.3 \text{ nm}$ $\beta = 0.25$ $NA = 1.15$ $Y_0 = 13.2 \text{ mm}$

(光学部材諸元)

面番号	r	d	光学材料	光学部材
	(レチクル面)	50.000000		
1	1075.86774	25.000000	石英	L 1 1
2	-1340.86625	2.000000		
3	207.96289	49.718427	石英	L 1 2
4	250.00000	40.526246		
5	-185.64189	44.397236	石英	L 1 3
6	550.98340	36.307158		
7	-441.29403	54.802423	石英	L 1 4
8	-150.00000	2.000000		
9	301.74092	49.974210	石英	L 1 5
10	-1342.78017	198.175946		
11	∞	100.000000	石英	B S の第 1 面
12	∞	-100.000000	石英	B S の反射面
13	∞	-34.940820		B S の第 2 面
14	231.70317	-25.000000	石英	L 1 6
15	550.13393	-12.216557		
16	319.46051	12.216557		M 1 の反射面
17	550.13393	25.000000	石英	L 1 6
18	231.70317	34.940820		
19	∞	200.000000	石英	B S の第 2 面
20	∞	10.142495		B S の第 3 面

21	-251.34134	15.000000	石英	L 1 7
22*	261.71060	70.000000		
23	∞	-126.285493		M 2 の反射面
24*	4731.91248	-39.497786	石英	L 2 1
25	309.04686	-2.000000		
26	-895.90183	-51.133869	石英	L 2 2
27	419.51944	-9.183678		
28	-307.87032	-49.268979	石英	L 2 3
29	-10288.54148	-22.818919		
30	-164.85694	-49.902353	石英	L 2 4
31	-117.54666	-96.199130		
32	-250.04301	-43.417782	石英	L 2 5
33*	-115.92766	-57.482061		
34	108.28899	-50.204236	石英	L 2 6
35	-9547.75147	-38.578200		
36*	1115.02710	-49.214798	石英	L 2 7
37	200.44656	-2.000000		
38	-1332.12297	-46.621492	石英	L 2 8
39	436.58737	-2.000000		
40	-434.14550	-53.203365	石英	L 2 9
41	800.00000	-27.584108		
42	289.53880	-35.000000	石英	L 2 1 0
43	575.89361	-30.000000		
44	∞	-20.000000		A S
45	-452.05388	-50.000000	石英	L 2 1 1
46	800.00000	-2.014105		
47	-180.00000	-56.669498	石英	L 2 1 2
48*	-1054.75446	-2.024768		
49	-135.00000	-43.158135	石英	L 2 1 3

50*	-350.54203	-2.023949		
51	-79.94829	-65.461470	蛍石	L 2 1 4
52	∞	-2.000000	水	

(ウエハ面)

(非球面データ)

2 2 面

 $\kappa = 0$

$C_4 = 0.155174 \times 10^{-9}$ $C_6 = -0.180576 \times 10^{-11}$
 $C_8 = -0.438810 \times 10^{-16}$ $C_{10} = 0.864733 \times 10^{-19}$
 $C_{12} = -0.388000 \times 10^{-22}$ $C_{14} = 0.866417 \times 10^{-26}$
 $C_{16} = -0.775091 \times 10^{-30}$

2 4 面

 $\kappa = 0$

$C_4 = 0.778211 \times 10^{-8}$ $C_6 = -0.341242 \times 10^{-13}$
 $C_8 = 0.815665 \times 10^{-18}$ $C_{10} = -0.144668 \times 10^{-22}$
 $C_{12} = 0.969582 \times 10^{-27}$ $C_{14} = -0.276617 \times 10^{-31}$
 $C_{16} = 0.390291 \times 10^{-36}$

3 3 面

 $\kappa = 0$

$C_4 = -0.232980 \times 10^{-7}$ $C_6 = -0.450118 \times 10^{-12}$
 $C_8 = -0.130308 \times 10^{-16}$ $C_{10} = 0.123030 \times 10^{-19}$
 $C_{12} = -0.309877 \times 10^{-23}$ $C_{14} = 0.524131 \times 10^{-27}$
 $C_{16} = -0.351274 \times 10^{-31}$

3 6 面

 $\kappa = 0$

$$\begin{aligned}
 C_4 &= 0.160000 \times 10^{-7} & C_6 &= -0.781387 \times 10^{-13} \\
 C_8 &= 0.825417 \times 10^{-17} & C_{10} &= -0.129074 \times 10^{-22} \\
 C_{12} &= 0.950852 \times 10^{-26} & C_{14} &= -0.253397 \times 10^{-30} \\
 C_{16} &= 0.151126 \times 10^{-34}
 \end{aligned}$$

48面

$$\kappa = 0$$

$$\begin{aligned}
 C_4 &= -0.108177 \times 10^{-7} & C_6 &= -0.247873 \times 10^{-12} \\
 C_8 &= 0.543835 \times 10^{-16} & C_{10} &= -0.398471 \times 10^{-20} \\
 C_{12} &= 0.199734 \times 10^{-24} & C_{14} &= -0.651216 \times 10^{-29} \\
 C_{16} &= 0.993053 \times 10^{-34}
 \end{aligned}$$

50面

$$\kappa = 0$$

$$\begin{aligned}
 C_4 &= -0.151506 \times 10^{-7} & C_6 &= -0.189055 \times 10^{-11} \\
 C_8 &= -0.135862 \times 10^{-15} & C_{10} &= 0.460959 \times 10^{-19} \\
 C_{12} &= -0.683290 \times 10^{-23} & C_{14} &= 0.526167 \times 10^{-27} \\
 C_{16} &= -0.176365 \times 10^{-31}
 \end{aligned}$$

(条件式対応値)

- (1) $|\beta_1 / \beta| = 4.144$
- (2) $-2 / |\text{RM1}| = -0.0063$
- (3) $|\text{M1}\beta / \beta| = 1.260$

【0059】

図7は、第3実施例における横収差を示す図である。収差図において、Yは像高を示している。図7の収差図から明らかなように、第3実施例では、非常に大きな像側開口数（NA=1.15）およびY=0mm～13.2mmの比較的大きなイメージフィールドを確保しているにもかかわらず、波長が193.3nmの露光光に対して収差が良好に補正されていることがわかる。第3実施例においても第1実施例および第2実施例と同様に、Y=0mm～13.2mmの円形状領域にほぼ内接する26mm×5mmのスキャンフィールドを確保することができる。なお、第1実施例から第3実施例におけるビームスプリッターBSに代えて偏光ビームスプリッターPBSを用い、その偏光ビームスプリッターPBSと凹面反射鏡M1との間の光路中にλ/4板を配置してもよい。また、直線偏光として分離された露光光をウェハW上において円偏光で結像させるように偏光ビームスプリッターPBSとウェハW面との間の光路中にλ/4板を配置すると、高コントラストな像を得ることができる。

【0060】

[第4実施例]

図8は、本実施形態の第4実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。図8を参照すると、第4実施例にかかる投影光学系PLにおいて、第1結像光学系G1は、レ

チクル側から順に、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL11と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた第2凹面反射鏡M3と、レチクル側に凹面を向けた正メニスカスレンズL12と、レチクル側に凹面を向けた負メニスカスレンズL13と、レチクル側に凹面を向けた第1凹面反射鏡M1とを備えている。

【0061】

第2結像光学系G2は、レチクル側から順に、レチクル側に凹面を向けた正メニスカスレンズL21と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた負メニスカスレンズL24と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた負メニスカスレンズL25と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた両凹レンズL26と、レチクル側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL27と、レチクル側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL28と、両凸レンズL29と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL210と、レチクル側に凹面を向けた負メニスカスレンズL211と、開口絞りASと、両凸レンズL212と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL213と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL214と、ウェハ側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL215と、ウェハ側に平面を向けた平凸レンズL216とにより構成されている。第4実施例では、平凸レンズL216とウェハWとの間の光路に浸液としての水が満たされ、レンズL216だけが蛍石により形成され、その他のレンズが石英により形成されている。第4実施例では、投影光学系PLを構成するすべての光学部材が単一の光軸に沿って配置されている。

【0062】

こうして、第4実施例の第1結像光学系G1では、レチクルRからの光が、正屈折力の第1レンズ群G11を構成するレンズL11と、負屈折力の第2レンズ群G12を構成するレンズL12およびレンズL13とを透過して、第1凹面反射鏡M1に入射する。第1凹面反射鏡M1で反射された光は、第2レンズ群G12(L13, L12)を透過し、第2凹面反射鏡M3で反射され、第2レンズ群G12中のレンズL12だけを透過して、第1凹面反射鏡M1の近傍にレチクルRの中間像を形成する。

【0063】

第2結像光学系G2へ導かれたレチクルRの中間像からの光は、正屈折力の第1レンズ群G21を構成するレンズL21～L24と、負屈折力の第2レンズ群G22を構成するレンズL25～L27と、正屈折力の第3レンズ群G23を構成するレンズL28～L211と、正屈折力の第4レンズ群G24を構成するレンズL212～L216とを介して、ウェハW上にレチクルRの縮小像を形成する。このように、第2結像光学系G2の各レンズ群G21～G24には少なくとも1つの非球面が導入されている。

【0064】

次の表(4)に、第4実施例にかかる投影光学系PLの諸元の値を掲げる。表(4)において、 λ は露光光の中心波長を、 β は投影倍率(全系の結像倍率)を、NAは像側(ウェハ側)開口数を、 Y_0 は最大像高をそれぞれ表している。また、面番号は物体面であるレチクル面から像面であるウェハ面への光線の進行する方向に沿ったレチクル側からの面の順序を、 r は各面の曲率半径(非球面の場合には頂点曲率半径: mm)を、 d は各面の軸上間隔すなわち面間隔(mm)をそれぞれ示している。なお、面間隔 d は、反射される度にその符号を変えるものとする。したがって、面間隔 d の符号は、第1凹面反射鏡M1の反射面から第2凹面反射鏡M3の反射面までの光路中では負とし、その他の光路中では正としている。

【0065】

【表4】

(主要諸元)

 $\lambda = 193.3 \text{ nm}$ $\beta = 0.25$ $\text{NA} = 1.0$ $Y_0 = 23 \text{ mm}$

(光学部材諸元)

面番号	r	d	光学材料	光学部材
	(レンチクル面)	50.000000		
1	221.68029	35.732851	石英	L 1 1
2*	631.97220	136.249100		
3	-705.41197	36.884891	石英	L 1 2
4	-245.32228	85.072935		
5	-176.40460	15.000000	石英	L 1 3
6	-2341.70975	28.092629		
7	-260.97733	-28.092629		M 1 の反射面
8	-2341.70975	-15.000000	石英	L 1 3
9	-176.40460	-85.072935		
10	-245.32228	-36.884891	石英	L 1 2
11	-705.41197	-106.249100		
12*	2690.77951	106.249100		M 3 の反射面
13	-705.41197	36.884891	石英	L 1 2
14	-245.32228	155.165564		
15	-2542.20060	39.928727	石英	L 2 1
16	-355.66838	2.000000		
17	298.68866	46.852909	石英	L 2 2
18	1292.19959	2.000000		
19	200.80957	50.000000	石英	L 2 3
20	400.00000	23.399027		

21	310.08293	40.519380	石英	L 2 4
22*	180.79538	84.948398		
23	305.42654	25.000000	石英	L 2 5
24*	201.26517	49.641840		
25	-145.91080	15.021868	石英	L 2 6
26*	3635.97113	37.339482		
27*	-150.00000	45.000000	石英	L 2 7
28	-180.82948	4.559013		
29*	-944.08892	39.173489	石英	L 2 8
30	-256.63900	2.000000		
31	548.33863	44.004850	石英	L 2 9
32	-994.26254	2.000000		
33	313.45974	46.638523	石英	L 2 1 0
34	5496.41750	28.704855		
35	-402.26958	30.000000	石英	L 2 1 1
36	-2396.18656	10.000000		
37	∞	11.074984		A S
38	411.40576	52.264407	石英	L 2 1 2
39	-868.46200	2.000900		
40	248.75142	39.074068	石英	L 2 1 3
41	589.86316	2.001404		
42	159.89383	46.322810	石英	L 2 1 4
43*	463.06666	2.982205		
44	147.70479	47.458411	石英	L 2 1 5
45*	174.49194	2.000000		
46	91.77150	60.056044	螢石	L 2 1 6
47	∞	1.999764	水	

(ウエハ面)

(非球面データ)

2 面

 $\kappa = 0$

$$\begin{aligned}
 C_4 &= -0.297538 \times 10^{-8} & C_6 &= 0.184852 \times 10^{-12} \\
 C_8 &= 0.171090 \times 10^{-16} & C_{10} &= -0.153337 \times 10^{-20} \\
 C_{12} &= 0.129321 \times 10^{-24} & C_{14} &= -0.582310 \times 10^{-29} \\
 C_{16} &= 0.111055 \times 10^{-33}
 \end{aligned}$$

1 2 面

 $\kappa = 0$

$$\begin{aligned}
 C_4 &= -0.135034 \times 10^{-7} & C_6 &= 0.615113 \times 10^{-13} \\
 C_8 &= -0.636076 \times 10^{-17} & C_{10} &= 0.505955 \times 10^{-21} \\
 C_{12} &= -0.657016 \times 10^{-25} & C_{14} &= 0.449443 \times 10^{-29} \\
 C_{16} &= -0.123607 \times 10^{-33}
 \end{aligned}$$

2 2 面

 $\kappa = 0$

$$\begin{aligned}
 C_4 &= 0.252872 \times 10^{-7} & C_6 &= 0.675841 \times 10^{-12} \\
 C_8 &= 0.153495 \times 10^{-16} & C_{10} &= 0.198594 \times 10^{-20} \\
 C_{12} &= -0.649569 \times 10^{-25} & C_{14} &= 0.464805 \times 10^{-29} \\
 C_{16} &= 0.369442 \times 10^{-34}
 \end{aligned}$$

2 4 面

 $\kappa = 0$

$$\begin{aligned}
 C_4 &= 0.324566 \times 10^{-7} & C_6 &= 0.155164 \times 10^{-11} \\
 C_8 &= 0.807669 \times 10^{-16} & C_{10} &= 0.136342 \times 10^{-20} \\
 C_{12} &= 0.625572 \times 10^{-24} & C_{14} &= -0.563393 \times 10^{-28} \\
 C_{16} &= 0.544125 \times 10^{-32}
 \end{aligned}$$

2 6 面

$$\kappa = 0$$

$$\begin{aligned} C_4 &= 0.462605 \times 10^{-9} & C_6 &= 0.989590 \times 10^{-12} \\ C_8 &= 0.743386 \times 10^{-16} & C_{10} &= 0.366735 \times 10^{-20} \\ C_{12} &= 0.249451 \times 10^{-24} & C_{14} &= -0.103298 \times 10^{-28} \\ C_{16} &= 0.913285 \times 10^{-34} \end{aligned}$$

2 7 面

$$\kappa = 0$$

$$\begin{aligned} C_4 &= 0.106699 \times 10^{-8} & C_6 &= 0.489449 \times 10^{-12} \\ C_8 &= 0.214693 \times 10^{-16} & C_{10} &= 0.252788 \times 10^{-20} \\ C_{12} &= 0.134949 \times 10^{-24} & C_{14} &= 0.758256 \times 10^{-29} \\ C_{16} &= 0.245783 \times 10^{-33} \end{aligned}$$

2 9 面

$$\kappa = 0$$

$$\begin{aligned} C_4 &= -0.116828 \times 10^{-7} & C_6 &= -0.129638 \times 10^{-12} \\ C_8 &= 0.358445 \times 10^{-17} & C_{10} &= -0.219773 \times 10^{-21} \\ C_{12} &= 0.159270 \times 10^{-25} & C_{14} &= -0.408236 \times 10^{-30} \\ C_{16} &= 0.167663 \times 10^{-34} \end{aligned}$$

4 3 面

$$\kappa = 0$$

$$\begin{aligned} C_4 &= 0.182060 \times 10^{-7} & C_6 &= 0.110177 \times 10^{-11} \\ C_8 &= -0.343690 \times 10^{-16} & C_{10} &= 0.225982 \times 10^{-20} \\ C_{12} &= 0.634137 \times 10^{-25} & C_{14} &= -0.879683 \times 10^{-29} \\ C_{16} &= 0.451365 \times 10^{-33} \end{aligned}$$

4 5 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = 0.814273 \times 10^{-7} \quad C_6 = -0.101455 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 0.266875 \times 10^{-17} \quad C_{10} = -0.108208 \times 10^{-18}$$

$$C_{12} = 0.139076 \times 10^{-22} \quad C_{14} = -0.287722 \times 10^{-26}$$

$$C_{16} = 0.186294 \times 10^{-30}$$

(条件式対応値)

$$(1) \quad |\beta 1 / \beta| = 4.50904$$

$$(2) \quad -2 / |RM1| = -0.0077$$

【0066】

図9は、第4実施例における横収差を示す図である。収差図において、Yは像高を示している。図9の収差図から明らかなように、第4実施例では、非常に大きな像側開口数(N.A=1.0)およびY=15mm~23mmの比較的大きなイメージフィールドを確保しているにもかかわらず、波長が193.3nmの露光光に対して収差が良好に補正されていることがわかる。第4実施例では、Y=15mm~23mmの輪帯状の領域にほぼ内接する26mm×4mmのスキャンフィールドを確保することができる。

【0067】

以上のように、各実施例では、レンズ枚数の増加やレンズの大型化を抑えつつ、波長が193.3nmのArFエキシマレーザ光に対して、1.0~1.15の高い像側開口数を確保するとともに、26mm×5mmまたは26mm×4mmの矩形状のスキャンフィールドを確保することができる。その結果、たとえば26mm×33mmの矩形状のショット領域内に回路パターンを高解像度で走査露光することができる。

【0068】

上述の実施形態の露光装置では、照明装置によってレチクル(マスク)を照明し(照明工程)、投影光学系を用いてマスクに形成された転写用のパターンを感光性基板に露光する(露光工程)ことにより、マイクロデバイス(半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等)を製造することができる。以下、本実施形態の露光装置を用いて感光性基板としてのウェハ等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法の一例につき図10のフローチャートを参照して説明する。

【0069】

まず、図10のステップ301において、1ロットのウェハ上に金属膜が蒸着される。次のステップ302において、その1ロットのウェハ上の金属膜上にフォトレジストが塗布される。その後、ステップ303において、本実施形態の露光装置を用いて、マスク上のパターンの像がその投影光学系を介して、その1ロットのウェハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ304において、その1ロットのウェハ上のフォトレジストの現像が行われた後、ステップ305において、その1ロットのウェハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、マスク上のパターンに対応する回路パターンが、各ウェハ上の各ショット領域に形成される。

【0070】

その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する半導体デバイスをスループット良く得ることができる。なお、ステップ301~ステップ305では、ウェハ上に金属を蒸着し、その金属膜上にレジストを塗布、そして露光、現像、エッチングの各工程を行っているが、これらの工程に先立って、ウェハ上にシリコンの酸化膜を形成後、そのシリコンの酸化膜上にレジストを塗布、そして露光、

現像、エッチング等の各工程を行っても良いことはいうまでもない。

【0071】

また、本実施形態の露光装置では、プレート（ガラス基板）上に所定のパターン（回路パターン、電極パターン等）を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、図11のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。図11において、パターン形成工程401では、本実施形態の露光装置を用いてマスクのパターンを感光性基板（レジストが塗布されたガラス基板等）に転写露光する、所謂光リソグラフィ工程が実行される。この光リソグラフィ工程によって、感光性基板上には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レジスト剥離工程等の各工程を経ることによって、基板上に所定のパターンが形成され、次のカラーフィルター形成工程402へ移行する。

【0072】

次に、カラーフィルター形成工程402では、R（Red）、G（Green）、B（Blue）に対応した3つのドットの組がマトリックス状に多数配列されたり、またはR、G、Bの3本のストライプのフィルターの組を複数水平走査線方向に配列されたりしたカラーフィルターを形成する。そして、カラーフィルター形成工程402の後に、セル組み立て工程403が実行される。セル組み立て工程403では、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板、およびカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルター等を用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。セル組み立て工程403では、例えば、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板とカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルターとの間に液晶を注入して、液晶パネル（液晶セル）を製造する。

【0073】

その後、モジュール組み立て工程404にて、組み立てられた液晶パネル（液晶セル）の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する液晶表示素子をスルーブット良く得ることができる。

【0074】

なお、上述の実施形態では、ArFエキシマレーザー光源を用いているが、これに限定されることなく、たとえば300nm以下の波長を有する光を供給する他の適当な光源を用いることもできる。また、上述の実施形態では、露光装置に搭載される投影光学系に対して本発明を適用しているが、これに限定されることなく、他の一般的な投影光学系に対して本発明を適用することもできる。

【0075】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明では、レンズ枚数の増加やレンズの大型化を抑えつつ、十分に大きなイメージフィールドおよび高解像に必要な大きな像側開口数を確保することのできる投影光学系を実現することができる。したがって、本発明の投影光学系を用いる露光装置および露光方法では、十分に大きなイメージフィールドを有し且つ大きな像側開口数ひいては高い解像度を有する投影光学系を介して、微細なパターンを高精度に露光することができる。また、本発明の投影光学系を搭載した露光装置を用いて、高解像な投影光学系を介した高精度な露光により、良好なマイクロデバイスを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】本実施形態の第1実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図3】第1実施例における横収差を示す図である。

【図4】本実施形態の第2実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図5】第2実施例における横収差を示す図である。

【図6】本実施形態の第3実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図7】第3実施例における横収差を示す図である。

【図8】本実施形態の第4実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図9】第4実施例における横収差を示す図である。

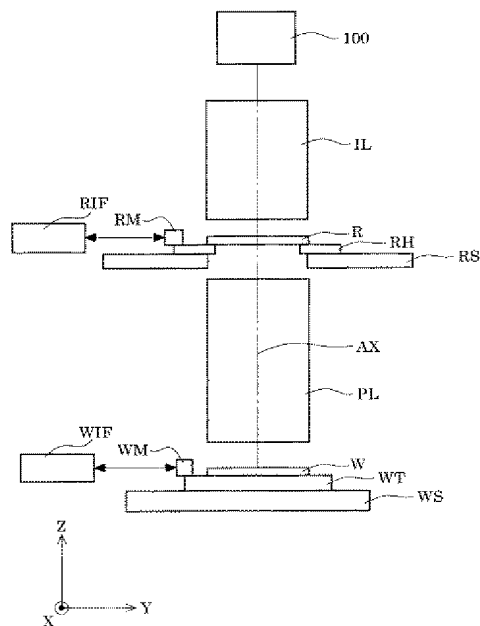
【図10】マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法のフローチャートである。

【図11】マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得る際の手法のフローチャートである。

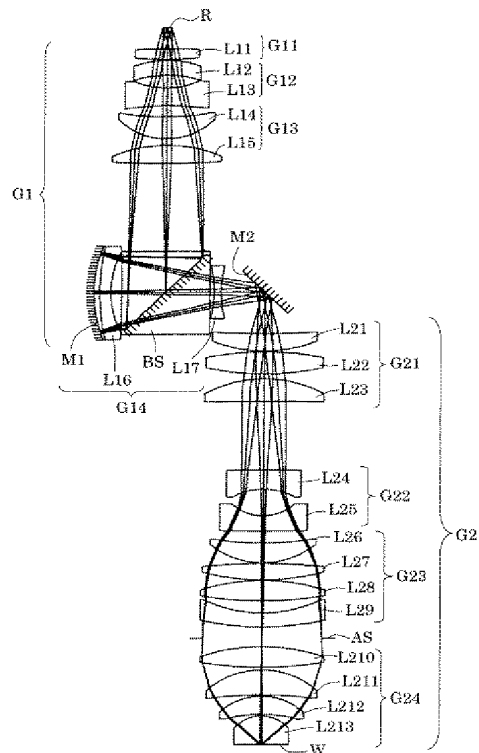
【符号の説明】

G1 第1結像光学系
 G2 第2結像光学系
 Li 各レンズ成分
 M1, M3 凹面反射鏡
 M2 平面反射鏡
 100 レーザ光源
 IL 照明光学系
 R レチクル
 RS レチクルステージ
 PL 投影光学系
 W ウェハ
 WS ウェハステージ

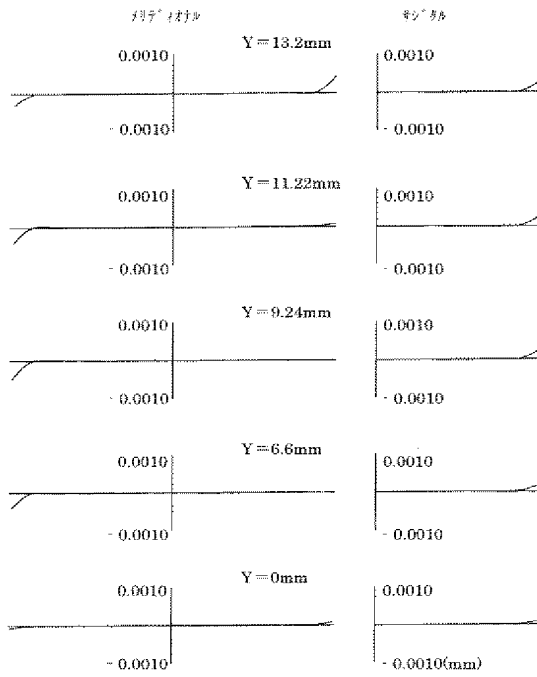
【図1】



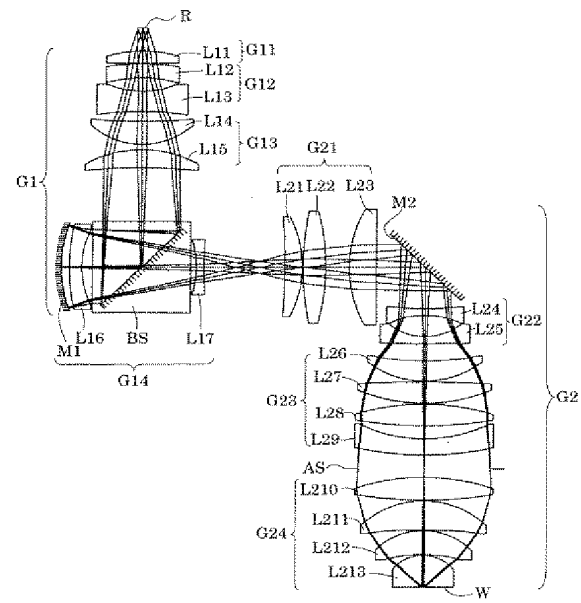
【図2】



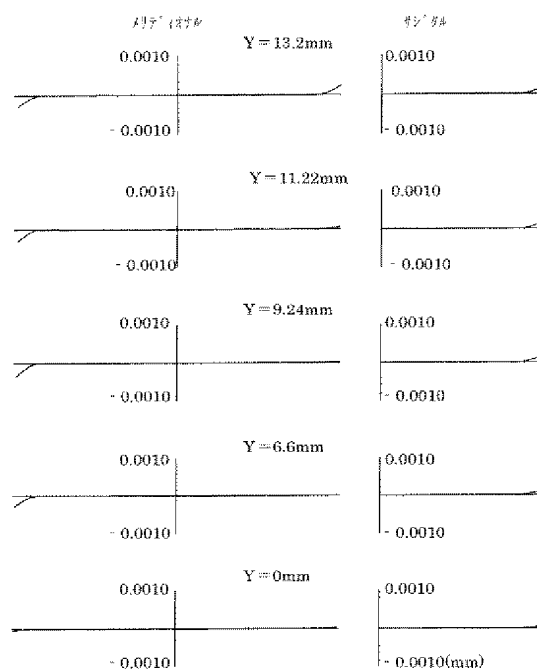
【図3】



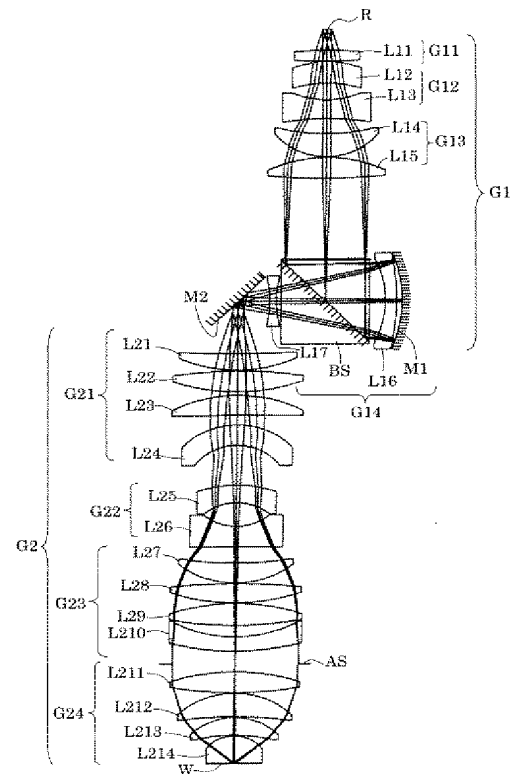
【図4】



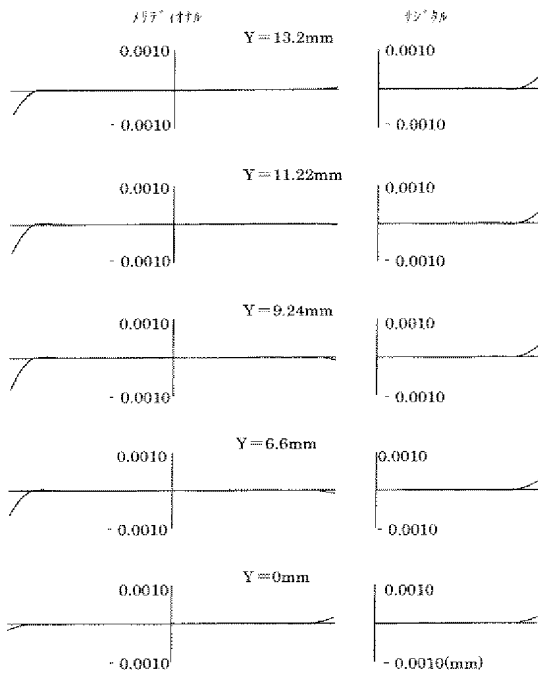
【図5】



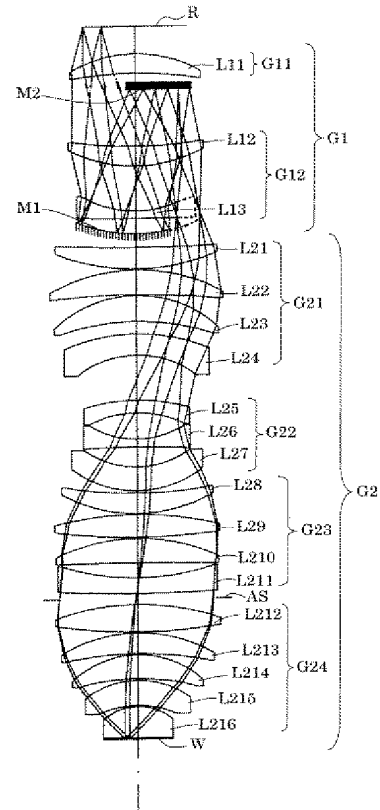
【図6】



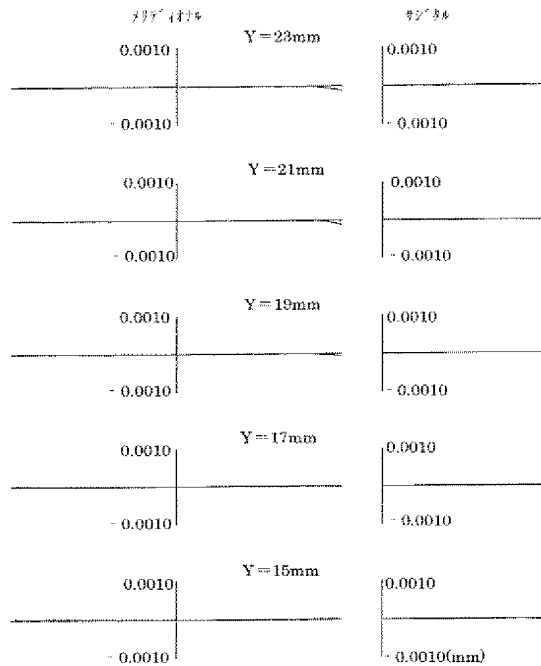
【図7】



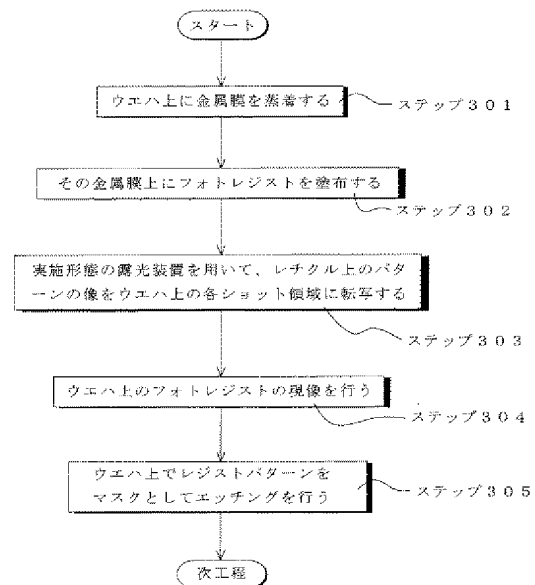
【図8】



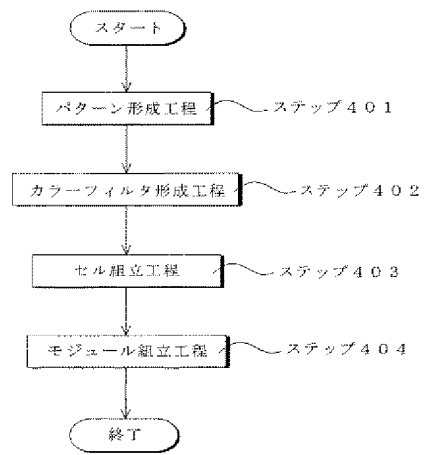
【図9】



【図10】



【図11】



(51)Int.Cl.⁷

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 L 21/30 5 1 5 D